Med 100

Über die Bedeutung des Periostes bei der autoplastischen Knochentransplantation auf Grund experimenteller Untersuchungen am Kaninchen

Wolf-Hans Dietrich

Hamburg 1962

Aus der Universitätsklinik und Poliklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten (Nordwestdeutsche Kieferklinik) Hamburg
Direktor: Professor Dr. Dr. Karl Schuchardt

Über die Bedeutung des Periostes bei der autoplastischen Knochentransplantation auf Grund experimenteller Untersuchungen am Kaninchen

INAUGURAL-DISSERTATION

zur Erlangung des Grades eines Doktors der Zahnmedizin
der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

vorgelegt von
Wolf-Hans Dietrich
aus Stuttgart

Hamburg 1962

Angenommen von der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg am: 7.8.1961

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der Universität Hamburg

Dekan: Professor Dr. R. Poévot
Referent: Professor Dr.Dr. K. Schuchardt

UNI-Druck, München 13, Amalienstraße 85

Mein besonderer Dank gilt meinem verehrten Chef, Herrn Professor Dr. Dr. K. Schuchardt, für die Überlassung der vorliegenden Arbeit als Dissertation.

Herzlich danken möchte ich auch Herrn Dr. Krüger, der mir stets und in zuvorkommender Art und Weise mit Rat und Tat zur Seite stand.

Ebenfalls möchte ich mich für die immer freundliche Hilfe von Fräulein Meyer, medizinisch-technische Assistentin im histologischen Labor der Nordwestdeutschen Kieferklinik, bedanken.

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Einleitung	1
Fragestellung	2
Literaturübersicht	3
Methodik	8
1. Versuchsgruppe	8
2. Versuchsgruppe	9
3. Versuchsgruppe	9
Liegezeit der Transplantate	10
Herstellung der histologischen Präparate	10
Befunde	11
Diskussion	36
Zusammenfassung	41
Literaturverzeichnis	43
Lebenslauf	46

Einleitung

Seit langer Zeit beschäftigt sich die medizinische Wissenschaft mit der Übertragung menschlicher Zellen und Gewebe. Am bekanntesten ist die Bluttransfusion, die heute aus der Therapie nicht mehr wegzudenken ist.

Die Transplantation von Knochengewebe, sei es die autoplastische, homoioplastische oder heteroplastische erhielt erst in der Mitte des 20. Jahrhunderts größere Bedeutung, als die Asepsis die Voraussetzungen für das Gelingen derartiger Eingriffe schuf. Nun konnte an die Knochenübertragung und an die Erforschung der Vorgänge bei der Transplantation herangegangen werden. Nach anfänglichen Mißerfolgen hat sich heute die Knochentransplantation, auf Grund zahlreicher Untersuchungen und Erfahrungen, einen festen Platz in der plastischen und wiederherstellenden Chirurgie geschaffen. Bis heute jedoch, ist trotz aller Erfolge, die Diskussion über die günstigste Art und Weise der Übertragung nicht verstummt. Am besten und sichersten bewährt hat sich die autoplastische Transplantation. Sie hat leider den Nachteil, daß sie stets mit einem zweiten Eingriff verbunden ist, wodurch die Operationsdauer oft nicht unerheblich verlängert wird, was besonders bei alten und kreislauflabilen Patienten eine Rolle spielt.

So wurde von vielen Seiten die Transplantation von homoioplastischem bzw. heteroplastischem Knochenmaterial versucht. Man bedient sich sogenannter Knochenbanken, wo jederzeit erreichbar, konservierter Leichen- oder Tierknochen zur Verfügung steht. Die Ergebnisse mit diesem Material sind aber nicht alle positiv, was sicher vielerlei Ursachen hat, die jedoch heute noch nicht alle bekannt sind. Es ist deshalb Aufgabe der Forschung, diese Ursachen aufzudecken. Dazu ist aber nötig, daß zuerst einmal die Vorgänge bei der autoplastischen Transplantateinheilung restlos erforscht werden.

Fragestellung

Die vorliegende Arbeit soll zu den derzeit herrschenden Ansichten über das Schicksal des transplantierten Knochens und der Herkunft des neugebildeten Knochens Stellung nehmen.

Die Versuche wurden angestellt, um eine Antwort zu finden auf folgende fünf Fragen:

1. Findet der Knochenspan mit Hilfe des Periostes einen schnelleren Gefäßanschluß und wird dadurch das Absterben der Osteozyten verhindert?
2. Welche Zellen sind für die Knochenneubildung verantwortlich zu machen?
3. Ist das Periost allein in der Lage, neuen Knochen zu bilden?
4. Schützt das Periost den Knochenspan vor der Resorption durch das Lagergewebe?
5. Ist im Kieferbereich, wo der transplantierte Knochen oftmals direkt unter die Mundschleimhaut gelegt werden muß, die Überpflanzung periostgedeckter Späne der Transplantation periostloser Knochenstücke vorzuziehen?

Literaturübersicht

Als erster berichtete Ollier in der 2. Hälfte des 19. Jahrhunderts über seine Ergebnisse bei der Knochentransplantation. Auf Grund makroskopischer Untersuchungen stellte er fest, daß bei der Überpflanzung von lebendem, periostgedecktem Knochen und bei alleiniger Periosttransplantation Knochenneubildung eintritt. Diese soll jedoch nach Ollier bei Transplantation von totem Knochen ausbleiben. Daraus schloß er, daß die Quelle des Knochenersatzes in den Zellen des Periostes, den Osteoblasten, zu suchen sei. Diese Theorie wurde später Osteoblastentheorie genannt.

Barth stellte, angeregt durch die Ergebnisse Olliers, ebenfalls Untersuchungen an. Jedoch kam er zu gänzlich anderen Ergebnissen. Er schrieb, daß bei der Transplantation von lebendem und totem Knochen zwar Knochenneubildung auftrete, daß dies jedoch nicht eine Leistung der mitüberpflanzten Zellen sei. Diese Zellen, sowohl die Osteozyten, als auch die Periostzellen gingen sämtlich zugrunde. Folglich könne die Quelle des Knochenersatzes nur im Bindegewebe des Lagers zu suchen sein. Er stellte die These auf, daß die pluripotenten Zellen des Lagergewebes durch einen, im Pflänzling enthaltenen Reizfaktor, zu Osteozyten metaplasieren (Metaplasietheorie). Demnach sei es gleichgültig, welcher Art das Transplantat ist, ob lebend oder tot, ob autoplastisch, homoio- oder heteroplastisch. Aus praktischen Gründen empfahl er die Transplantation von totem Knochen.

Damit waren 2 Theorien über die Entstehung des neuen Knochens nach der Transplantation in der Literatur vorhanden, die fernerhin zahlreiche Untersucher veranlaßten, die Vorgänge beim Transplantateinbau, zu erforschen. Marchand, der Lehrer Barth's, der die Ergebnisse seines Schülers nachuntersuchte, fand diese bestätigt, hob aber hervor, daß der Ersatz des toten Knochens im Vergleich zum lebenden bedeutend längere Zeit in Anspruch nehme.

Darüber, daß der überpflanzte Knochen abgebaut und durch neuen ersetzt wird, waren sich alle Forscher einig; nur über die Herkunft und die Art des Ersatzes herrschten Meinungsverschiedenheiten. G. Axhausen veröffentlichte nach ausgedehnten Kaninchenversuchen seine Meinung. Ähnlich wie Barth konstatierte er, daß zwar alle übertragenen Knochenzellen, auch beim autoplastischen Transplantat, nekrotisch würden, daß jedoch, wie Ollier behauptete, das Periost in seiner Gesamtheit erhalten bleibe und

von seinen Zellen der Knochenersatz ausgehe. Nach Duhamel besteht das Periost aus zwei Schichten, nämlich der äußeren Adventitiaschicht, mit straffem Bindegewebe und der inneren Kambium- oder Keimschicht, die knochenbildungsfähige Zellen enthält. Die beim jugendlichen Individuum stark ausgebildete Kambiumschicht könne als Hauptquelle der Knochenneubildung angesehen werden. Nach G. Axhausen kommt dafür auch das Endost in Frage. Seine Ansicht begründete sich darauf, daß er bei der Transplantation von periostgedecktem Knochen, sowie bei der Übertragung von reinem Periost Knochenneubildung sah, jedoch niemals bei der Übertragung von totem oder mazeriertem Knochen. Streissler, Frangenheim und Lobenhoffer bestätigten seine Ergebnisse.

Lexer veröffentlichte in seinem Werk "Die freien Transplantationen" seine jahrelangen Erfahrungen mit der Transplantation von Knochen beim Menschen, wobei er die von G. Axhausen am Tier gefundenen Ergebnisse auch für den Menschen bestätigen konnte. Er lehnte, wie G. Axhausen, eine knochenbildende Funktion des Lagerbindegewebes ab. Das beim Transplantateinbau entstehende Granulationsgewebe bewirke lediglich eine schnellere Resorption des Transplantates. Demgegenüber stelle das mitüberpflanzte Periost einen wirksamen Schutz dar. Daß fast alle Osteozyten nekrotisch werden, ist auch Lexers Ansicht, jedoch könnten einige Zellen überleben, wenn eine Periostbedeckung vorhanden ist, oder ein schneller Gefäßanschluß an das Lagergewebe erreicht wird.

Dem von manchen Forschern erhobenen Einwand, daß sie bei Periosttransplantation erwachsener Individuen keine Knochenneubildung hätten sehen können, hält Lexer entgegen, daß die Kambiumschicht beim Erwachsenen nur noch sehr schwach entwickelt sei und es infolgedessen nicht gelinge, sie unbeschädigt vom Knochen zu lösen und zu überpflanzen. In Verbindung mit Knochen aber könne sie wieder ihre jugendliche Knochenbildungsfähigkeit erringen. Schon G. Axhausen sagt, daß das Erwachsenenperiost nicht knochenbildungstätig, sondern nur knochenbildungsfähig sei. Lexer lehnte die Metaplasietheorie ab. Die Tatsache der heterotopen Knochenbildung (z. B. Myositis ossificans) hält er nicht für einen Beweis der Metaplasie von Bindegewebszellen, sondern er deutet dieses Phänomen als ungenügende Ausdifferenzierung des Muskelgewebes. Nach Lexer kann das Transplantat bindegewebig eingekapselt werden, ohne daß Knochenneubildung oder Resorption stattfindet. Dies soll besonders bei periostlosem Knochen der Fall sein und wird von Lexer als tote Einheilung bezeichnet. Demgegenüber steht nach Lexer die lebende Einheilung, wobei der Pflänzling mit Hilfe des Periostes Anschluß an das

umgebende Gewebe findet und entweder ganz oder teilweise durch neuen Knochen ersetzt wird. Funktionelle Einflüsse sind maßgebend für die endgültige Formgestaltung.

Die Erfahrungen Lexers machten sich jahrelang viele Chirurgen zunutze und konnten mit Hilfe der autoplastischen Transplantation periostbedeckter Späne beachtliche Erfolge erzielen. Der Zwiespalt zwischen den beiden bestehenden Theorien wurde durch die Veröffentlichung der Experimente der beiden Russen Baschkirzew und Petrow erneut offenbar. Sie stellten auf Grund exakter Tierversuche fest, daß einerseits das mittransplantierte Periost mit dem Knochen abstirbt und daß andererseits auch bei periostlosem und totem Knochen ein Ersatz durch neuen Knochen stattfindet. Die Regeneration des toten Knochens erfolge durch Metaplasie der jungen Bindegewebszellen des Wirtsgewebes. Unter Umständen könnten auch einige Periostzellen und Osteozyten überleben. Die ersteren hätten möglicherweise in geringem Maße an der Knochenneubildung Anteil, blieben aber hierbei hinter den Lagerzellen weit zurück. Der Vorteil des periostgedeckten Spanes sei der, daß das Transplantat mit der Umgebung schnell verwachse, dadurch entstehe ein Schutz gegen allzuschnelle Resorption, daneben werde einigen Osteozyten Ernährung geboten. Die letzteren würden dann so lange am Leben bleiben, bis sie auf Grund ihres Alters absterben. Eine wesentliche Rolle bei der Knochenneubildung kommt den Osteoblasten des Periostes, nach Meinung der beiden russischen Autoren, also nicht zu.

In ähnlicher Weise äußerte sich Wereschinski. Auch er sieht die Hauptquelle des knöchernen Ersatzes im Lagerbindegewebe. Wenn das mittransplantierte Periost rasch Anschluß an das Lagergewebe findet, könne aus seinen Zellen neuer Knochen gebildet werden. Deshalb sei die Knochenneubildung beim autoplastischen, periostgedeckten Knochen stärker als bei periostlosem Knochen. Bei Transplantation von totem Knochen konnte Wereschinski keine Knochenneubildung erkennen, es erfolgte tote Einheilung (Lexer). Zahlreiche andere Forscher (Annersten, Bauermeister, Bürkle de la Camp, Lentz, Martin, Oberdalhoff, Orell, Peer, Phemister, Roth) schlossen sich dieser Metaplasietheorie später an und vertraten damit Barth's Meinung.

Die Knochenbildung wurde von den bisher genannten Autoren als eine aktive Leistung der Zellen, sei es der transplantierten, oder der Lagergewebszellen angesehen. Zu dieser Lehre kam eine neue Ansicht, die von Leriche und Policard vertreten wurde. Nach Meinung dieser beiden Autoren ist die

Knochenbildung ein kolloidchemischer Vorgang, an dem die "knochenbildenden Zellen" nur passiv beteiligt sind. Dieses Geschehen soll sich in drei Stufen abspielen, und zwar:

1. Ödematisierung des Bindegewebes,
2. Präossale Infiltration, wobei die Bindegewebszellen Osteoblasten genannt werden,
3. Imprägnierung mit Kalksalzen.

Die Steuerung dieses Vorganges übernimmt, nach Ansicht der beiden Autoren, ein aus dem Knochen stammender Faktor. Auch Oberdalhoff, Roth und Schwier schlossen sich dieser Ansicht an.

Viele der genannten Autoren sprechen einem noch unbekannten Faktor X die Fähigkeit einer Induktion der jungen Bindegewebszellen des Lagers zur Metaplasie zu Osteoblasten zu. Wie dieser Faktor beschaffen ist, steht vorerst noch nicht fest. Deshalb beschäftigte sich Levander eingehend mit der Erforschung dieses Faktors. Aus den Veröffentlichungen von G. Axhausen, Baschkirzew, Petrow, Wereschinski und Roth war bekannt, daß bei der Transplantation von maziertem Knochen, das heißt Knochen, der weitgehend von organischen Bestandteilen befreit ist, keine Knochenneubildung auftritt. Folglich kann dieser Faktor nicht in der anorganischen Substanz enthalten sein. Um nun aus dem organischen Teil des Knochens eine Substanz zu erhalten, die den gesuchten Faktor enthält, extrahierte Levander aus lebendem Kaninchenknochen einen Stoff, den er ins Weichteillager anderer Kaninchen injizierte. Dabei erzielte er bei einer größeren Zahl von Versuchen eindeutige Knochenneubildung. Er konnte den Faktor X zwar nicht darstellen, glaubte aber fest, daß er im organischen Knochengewebe enthalten sei. Annersten, der die Ergebnisse Levanders interessiert aufgenommen hatte, prüfte sie nach und fand sie bestätigt, außerdem glaubt er, daß der gesuchte Faktor Steroidnatur besitze und möglicherweise bei einer Fraktur aus dem Knochen austrete und die umgebenden Gewebe zur Kallusbildung veranlasse. Er hielt es auch für denkbar, daß dieser Faktor im Urin und den Sexualhormonen enthalten sei und daß darauf das Phänomen der Knochenbildung in der Niere, bei deren Gefäßunterbindung, zurückzuführen sei.

W. Axhausen unterzog die Levander'schen Versuche an Hand eigener Experimente einer Nachprüfung. Es gelang ihm aber nicht, durch Injektion von Knochenextrakten beim Kaninchen Knorpel- oder Knochenbildung hervorzurufen. Allerdings verwendete er im Vergleich zu Levander eine verhältnismäßig kleine Anzahl von Versuchstieren. Andererseits ist es aber erwiesen, daß

Kaninchenmuskulatur für derartige Versuche ungeeignet ist, da hier auch bei Injektion von Sehnen- und Muskelextrakt sowie reinem Alkohol (Annersten), oder Injektion Chininhydrochloridlösung (Severi) Knochenbildung hervorgerufen werden kann. Die Kaninchenmuskulatur scheint auf Schädigungen verschiedenster Art, mit Knochenneubildung zu reagieren.

W. Axhausen bestätigt auf Grund seiner Versuche die Ergebnisse von G. Axhausen, wonach die Knochenneubildung zuerst zwischen dem Periost und der Kortikalis des Transplantates auftreten soll. Ein Absterben des Periosts habe er nie feststellen können. Die in letzter Zeit gemachten Erfahrungen mit konservierten Knochenspänen ("Kieler Span" von Bauermeister und Maatz und homoioplastische, kältekonservierte Knochen) zeigen, daß die osteogenetische Substanz bei geeigneter Konservierung erhalten bleibt und wirksam wird. Allerdings ist nach Bürkle de la Camp, Lentz, Roth u. a. der autoplastische frische Knochenspan den konservierten Knochenstücken noch überlegen. Auch Levander konnte mit dem von ihm angenommenen "osteogenetischen Stoff" nicht restlos alle Vorgänge bei der Knochenentstehung erklären. Sicher handelt es sich um einen komplexen Vorgang mit mehreren Faktoren (Roth).

Von verschiedener Seite (Küntscher, Rehn) wurde auf den nicht unbedeutenden Einfluß des funktionellen Reizes auf die Knochenbildung hingewiesen.

Schwier wiederum sieht in der Änderung der Durchblutungsverhältnisse und des Gewebsstoffwechsels auf Grund eines osteogenetischen Reizes das Wesen der Knochenbildung. Eine eindeutige Erklärung, wie denn nun der neue Knochen bei der Transplantation entsteht, konnte bis heute nicht abgegeben werden. Daß möglicherweise Osteoblastentheorie und Metaplasietheorie nebeneinander ihre Berechtigung haben, deutet W. Axhausen an, wenn er sagt: "Die Knochenregeneration verläuft in zwei osteogenetischen Phasen, von denen die erstere und phylogenetisch wohl die wichtigere, von präexistenten Zellen ausgeht und bereits nach wenigen Tagen einsetzt, während das Ingangkommen der zweiten, vom unspezifischen Bindegewebe ausgehenden Phase, mehrere Wochen in Anspruch nimmt. Beide Phasen jedoch werden durch die aktivierende Wirkung der abgestorbenen Knochensubstanz ausgelöst". Bürkle de la Camp äußert sich ähnlich: "Die Osteoblastentheorie ist zwar erschüttert, aber auch durch eine neue Lehre noch nicht ganz ersetzt, wenn man auch der Metaplasietheorie eine bedeutende Überzeugungskraft beimessen darf".

Methodik

Die im folgenden Kapitel beschriebenen Versuche wurden sämtlich bei Kaninchen mit einem Durchschnittsalter von 6 Monaten vorgenommen. Es handelt sich ausschließlich um autoplastische Transplantate. Die Versuche gliedern sich in 3 Gruppen.

1. Versuchsgruppe

a) Art der Transplantate
Implantiert wurden insgesamt 6 Transplantate, und zwar

1. Ein Beckenkammstück, das auf der Oberseite seine Periostbedeckung behielt. Auf der anderen Seite wurde das Periost entfernt, so daß die Kortikalis freilag.
2. Ein Beckenkammstück, das allseitig vom Periost befreit wurde, so daß auf beiden Seiten die Kompakta freilag.
3. Ein Rippenstück, das über die ganze Länge auf der oberen Seite Periostbedeckung behielt, während auf der unteren die Kortikalis freilag.
4. Ein Rippenstück ohne Periostbedeckung mit nackter Kompakta.
5. Ein Spongiosastück.
6. Ein Periosstück.

b) Operationsmethode
Die Operationen wurden wie folgt durchgeführt:
Alle Tiere erhielten eine intraperitoneale Barbituratnarkose mit Nembutal und zusätzlich Lokalanästhesie mit Xylokain. Das Tier wurde auf die linke Seite gelegt, so daß die rechte Flanke rasiert werden konnte. Nachdem das Operationsfeld steril abgedeckt und die Haut mit Cutasept desinfiziert war, wurde distal vom Beckenkamm ein Schnitt von ca. 5 cm Länge gelegt, danach die Muskelschichten durchtrennt und die spina ventralis ossis ischii dargestellt. Mit Hammer und Meißel wurde nun von der spina ein größerer und ein kleinerer Knochenspan abgetrennt, die später als Transplantat 1, 2 und 5 verwendet wurden. Die Knochenstücke lagerten bis zur Wiederverwendung in steriler Ringerlösung. Nach schichtweiser Vernähung der Muskelschichten mit Catgut wurde die Hautnaht mit Seide gelegt.

Um das Rippenstück gewinnen zu können, mußte entlang der 5. Rippe ein Hautschnitt gelegt und nach Freilegung dieser Rippe mit der Schere davon ein ca. 4 cm langes Stück reseziert werden.

c) Einlagerung der Transplantate
Auf der rechten Flanke des Tieres wurde ca. 4 cm unterhalb und parallel der Wirbelsäule ein ca. 8 cm langer Schnitt gelegt, der lediglich die Haut durchtrennte. Zwischen der Haut und der darunter liegenden Muskelschicht wurde nun das Gewebe untertunnelt, so daß für jedes der 6 Transplantate eine Tasche entstand, in die die Transplantate der Reihe nach gesteckt wurden. Bei den periostgedeckten Transplantaten wurde stets darauf geachtet, daß das Periost oben, also der Haut zugewendet, lag. Daraufhin wurden die Hautränder mit engen Seidennähten vernäht.

2. Versuchsgruppe

a) Art der Transplantate
Zur Verwendung kamen ebenfalls wieder 6 Transplantate, die jedoch unmittelbar vor der Implantation mit dem Speichel des betreffenden Tieres befeuchtet wurden.

b) Operationsmethode
Die Entnahme und die Implantation der Transplantate gestalteten sich gleich wie bei der 1. Versuchsgruppe.

3. Versuchsgruppe

a) Art der Transplantate
Um größere Stücke zu erhalten, wurde auf die Verwendung von Rippenstücken verzichtet und lediglich von beiden Beckenkämmen des Tieres je ein Stück Knochen entnommen, so daß nur 2 Transplantate zur Verwendung kamen, und zwar:

1. Ein Beckenkammstück, das auf der oberen Seite seine Periostbedeckung und auf der unteren Seite die Kompakta behielt.
2. Ein Beckenkammstück, das auf der oberen Seite die Periostbedeckung behielt. Auf der unteren Seite wurde mit der Fräse die Kompakta entfernt, so daß die Spongiosa freilag.

b) Operationsmethode
Die Operation erfolgte ebenfalls nach der gleichen Methode. Es wurden 2 Tunnel zwischen Haut und darunterliegenden Muskelschicht geschaffen, in die die Transplantate gelegt wurden.

Liegezeit der Transplantate

Jede Gruppe bestand aus 5 Versuchskaninchen, die in Abständen von 1 Woche, das erste nach einer Woche, das letzte nach 5 Wochen, getötet wurden.

Gleich danach wurde das Hautstück mit dem subkutanen Gewebe, das die Transplantate enthielt, entnommen.

Herstellung der histologischen Präparate

Die Fixierung der Präparate erfolgte in Formalin. Anschließend wurden die Stücke entkalkt, in Paraffin eingebettet und in Serien geschnitten.

Folgende Färbungen fanden Verwendung:

1. Hämatoxilin-Eosin-Färbung
2. Azan-Färbung
3. Thionin-Pikrin-(Schmorl)-Färbung zur Darstellung der Osteozyten.

Die Methoden der Fixierung, Entkalkung und Färbung sollen hier nicht beschrieben werden, da sie als allgemein bekannt vorausgesetzt werden dürfen.

Befunde

Im folgenden Kapitel werden die histologischen Befunde beschrieben. Sie sind unterteilt in 3 Gruppen, innerhalb jeder Gruppe erfolgt eine weitere Einteilung nach Transplantationsdauer und Art der Transplantate.

Die Präparate sind Querschnitte durch Haut, Transplantate und subcutane Muskelschicht. Es wurde bei der Beschreibung aller Präparate stets darauf geachtet, daß sich die Hautseite oben, die Muskelseite unten befindet, um eine Seitenverwechslung zu vermeiden.

1. Versuchsgruppe

A. Kaninchen K1. Operiert am 29.8.60
Getötet am 5.9.60
Die Transplantate sind 1 Woche alt.

a) Beckenkammstück mit Periost (Abbildung 1 - 4)
Das Periost reicht von oben links bis unten rechts und ist deutlich zu erkennen. Links findet sich am Periost eine stark entwickelte bindegewebige Hülle mit reichlich Blutgefäßen. Das lebende Periost wird links vom Granulationsgewebe durchsetzt, das teilweise zwischen Periost und Kortikalis eingedrungen ist und Resorptionslakunen bildet (Abb. 1 - 3). Das Periost ist auf der rechten Seite besonders dick und zeigt auch hier auf der ganzen Breite lebende Zellen. Hier findet sich keine Resorption der Kortikalis, wohl aber Demineralisierung des Knochens mit Freiwerden von Osteozyten (Abb. 4). Alle Knochenzellen zeigen sowohl auf der Periostseite, wie auf der periostfreien Seite, erhaltene Kernfärbung. Auf der linken Seite ist die Kompakta stellenweise unterbrochen. Es ist an dieser Stelle ein Einwuchern des umgebenden Bindegewebes in die offen liegende Spongiosa zu sehen. Auf der periostfreien Seite zeigt sich eine glatte Kontur mit einigen Resorptionslakunen (Abb. 1). In den Markräumen findet sich zerfallenes Fettmark mit Leukozyten.

b) Beckenkammstück ohne Periost
Auf der Hautseite ist das Gewebe zellreicher als auf der Muskelseite. Oben links sind deutliche Resorptionserscheinungen am Knochen vorhanden. An diesen Stellen dringt auch Granulationsgewebe in die Knochenkanälchen der Kompakta ein. Auf der Muskelseite sieht man flächenhafte Blutungen, die

wohl auf eine Traumatisierung des Gewebes bei der Implantation zurückzuführen sind. Die Knochenkontur ist ziemlich glatt, stellenweise treten Resorptionen auf. Auf der linken Seite, wo die Spongiosa eröffnet ist, dringt Granulationsgewebe in die Markhöhle ein. Die Osteozyten sind fast überall erhalten. Das Knochenmark besteht hier aus zerfallendem Fettmark mit Leukozyten. Stellenweise sieht man auch Megakaryozyten. In den zentralen Knochenbälkchen sind nicht so viele Osteozyten mit Kernfärbung erhalten wie in den Randbezirken des Transplantates.

c) Rippenstück mit Periost (Abb. 5)
Es handelt sich um ein rundliches bis ovales Rippenstück, das auf der oberen Seite von Periost bedeckt ist. Die Periostzellen sind nicht so zahlreich wie die des umgebenden Bindegewebes. Das Periost ist noch überall gut abgrenzbar. Der Knochenrand ist auf der Periostseite unregelmäßig gezackt, ein geringer Teil der Knochensubstanz ist durch Demineralisierung verlorengegangen. Die Osteozyten zeigen teilweise Kernfärbung (Abb. 5). Man kann deutlich erkennen, wie Granulationsgewebe mit Gefäßen in die Knochenkanälchen der Periostseite einwuchert. Auf der periostfreien Seite liegt das Granulationsgewebe dem Knochen an, es sind jedoch keine Resorptionserscheinungen zu erkennen. In den Spongiosaräumen befindet sich zerfallendes Knochenmark.

d) Rippenstück ohne Periost
Auf der Hautseite befindet sich zellarmes Bindegewebe. Die Knochenoberfläche ist glatt, nur auf der oberen linken Seite sind einige gezackte Bezirke vorhanden. Die Osteozyten zeigen teilweise Kernfärbung. Auf der Muskelseite ist das angrenzende Bindegewebe zellreicher. Auch hier gibt es zahlreiche Kernfärbung gebende Osteozyten. In den Knochenkanälchen und in den Markräumen zeigt sich zerfallendes Gewebe. In der Peripherie finden sich hauptsächlich unten rechts Blutaustritte um das Transplantat.

e) Spongiosastück
Dem Spongiosastück haftet auf der linken Seite noch etwas Kompakta und Periost an. Von allen Seiten her wuchert zellreiches Granulationsgewebe in die Markräume ein und ersetzt das untergehende Fettmark. In den Spongiosabälkchen sind meist nur leere Osteozytenhöhlen vorhanden.

f) Periststück
Konnte nicht mehr aufgefunden werden.

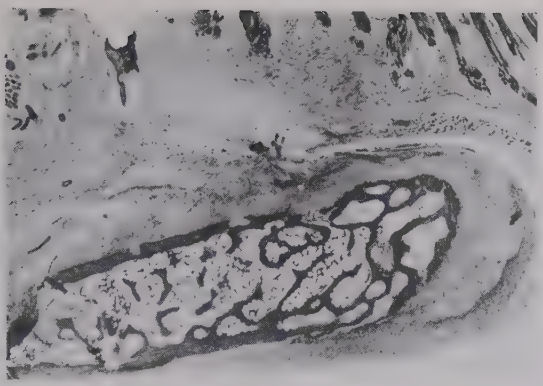

Abb. 1 Kaninchen K1. Beckenkammstück mit Periost, 1 Woche alt. Das Lagergewebe zeigt mäßig starke entzündliche Infiltration. Das Periost reicht von oben links bis unten rechts und ist auf der rechten Seite besonders dick. In der Periosthülle links und in der Mitte, einwachsendes Granulationsgewebe mit beginnender Resorption der Kortikalis. Rechts hyaline Degeneration des Periostmantels mit beginnender Demineralisierung des Knochens. Zentral zerfallendes Fettmark.

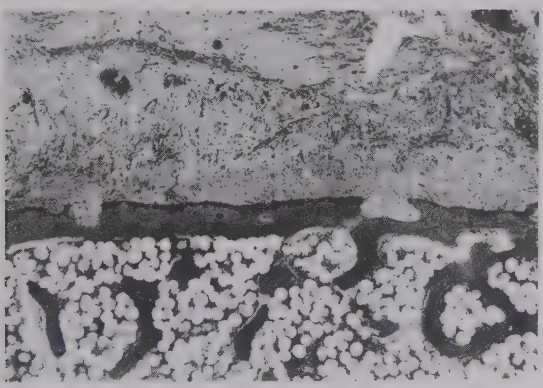

Abb. 2 Kaninchen K1. Beckenkammstück mit Periost, 1 Woche alt. Stärkere Vergrößerung von Abb. 1. Das Periost wird vom Lagergewebe durchwachsen. 2 Resorptionslakunen in der Kortikalis. Osteozyten geben Kernfärbung.

B. Kaninchen K2. Operiert am 16.8.60
Getötet am 30.8.60
Die Transplantate sind 2 Wochen alt.

a) Beckenkammstück mit Periost
An der Periostseite sind nur geringe Resorptionserscheinungen vorhanden. Es findet sich Knochenneubildung in beachtlichem Ausmaß. An der periostfreien Seite ist eine geringgradige lakunäre Resorption der Kortikalis vorhanden. Die linke Seite zeigt einen Streifen Knorpelgewebe, der dem Knochen aufliegt. Daneben findet sich entkalkter Knochen, dessen Osteozyten in Bindegewebszellen übergehen. An der rechten Seite ist der Markraum eröffnet, hier wuchert fibröses Gewebe hinein. In der Mitte des Transplantates sieht man überwiegend nekrotisches Fettmark und einige Leukozyten, sowie Ölzysten. Auf die Knochenbälkchen der Spongiosa sind vielfach neugebildete Knochenspangen aufgelagert. Die Osteozyten geben in den Spongiosabälkchen teilweise Kernfärbung. Das ganze Transplantat ist von einer bindegewebigen Hülle umgeben und zeigt keine entzündliche Infiltration.

b) Beckenkammstück ohne Periost
Auch dieses Transplantat ist von fibrösem Gewebe eingehüllt. Auf der Hautseite sind deutlich einige Resorptionslakunen vorhanden. Auf der Muskelseite hingegen kann man Knochenneubildung an der Kortikalis, sowohl innen, wie auch außen, erkennen. Die Zahl der Kernfärbung gebenden Osteozyten ist bei diesem Stück geringer, als bei dem periostgedeckten Transplantat. Im Inneren des Beckenstückes ist das Knochenmark fast restlos durch fibröses Gewebe mit einigen Ölzysten ersetzt worden. Nur im Zentrum gibt es noch Reste nekrotischen Fettmarkes.

c) Rippenstück mit Periost
Das Stück ist mit einer schmalen bindegewebigen Hülle umgeben. Auf der Periostseite ist die Kortikalis vollständig erhalten, die Knochenhöhlen sind meist leer. Nur stellenweise sind erhaltene, Kernfärbung gebende Osteozyten erkennbar. Auf der periostfreien Seite sind einige Resorptionslakunen vorhanden, die teilweise mit Granulationsgewebe angefüllt sind und Knochenneubildung als Auflagerung auf die alte Knochensubstanz zeigen. Im Zentrum zerfällt das Mark, Granulationsgewebe wuchert ein und ersetzt das ganze Markgewebe. An einigen Stellen finden sich Auflagerungen neuen Knochens auf die Knochenbälkchen der Spongiosa.

d) Rippenstück ohne Periost
Um das Transplantat findet sich eine reaktionslose fibröse Kapsel. Auf der Hautseite sind die lakunären Resorptionen nicht sehr häufig. Auf der Muskelseite erkennt man zahlreiche Resorptionslakunen, welche die Kompaktaschale stellenweise durchbrechen. Hier findet sich auch eine Auflagerung von neugebildeten Knochenbälkchen. Die Osteozyten geben stellenweise Kernfärbung. Das Knochenmark im Inneren ist zerfallen und weist einige Leukozyten auf.

e) Spongiosastück
Konnte nicht mehr aufgefunden werden.

f) Periststück
Konnte nicht mehr aufgefunden werden.

C. Kaninchen K3. Operiert am 17.8.60
Getötet am 7.9.60
Die Transplantate sind 3 Wochen alt.

a) Beckenkammstück mit Periost (Abbildung 6, Ausschnitt aus dem Zentrum)
Auf der Periostseite ist noch ein schmaler Periostsaum zu erkennen. Nur an wenigen Stellen sind Resorptionslakunen vorhanden. Auf der periostfreien Seite hat das umgebende Lagergewebe einen schmalen bindegewebigen Saum gebildet. Auch an dieser Stelle gibt es nur wenig Resorptionslakunen an der Kortikalis. Rechts legt sich an die Kortikalis ein breiter bindegewebiger Saum, hier sind zahlreiche lakunäre Resorptionsräume vorhanden. Nach links öffnet sich das Knochenstück und läßt Lagergewebe in den Markraum eindringen. Im Inneren des Transplantates sieht man, außer 2 Restherden nekrotischen Fettmarkes, das Knochenmark durch fibröses Gewebe ersetzt, das an manchen Stellen von gefäßreichem Bindegewebe abgelöst wird. An den Spongiosabälkchen findet sich reichlich Auflagerung junger Knochensubstanz mit Osteoblastensäumen (Abb. 6). Die Osteozyten geben zum überwiegenden Teil Kernfärbung, es finden sich jedoch auch leere Knochenhöhlen.

b) Beckenkammstück ohne Periost
Um das ganze Stück ist eine dicke, bindegewebige Hülle erkennbar. Sowohl auf der Haut-, als auch auf der Muskelseite sieht man weitgehende Resorptionserscheinungen und zahlreiche Osteoklasten. Die Osteozyten geben alle Kernfärbung, stellenweise haben sich neue Knochenbälkchen gebildet.

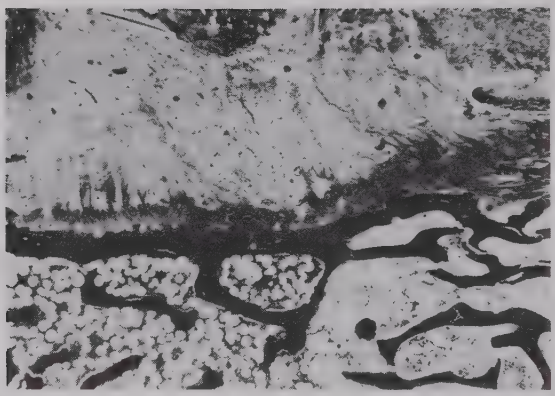

Abb. 3 Kaninchen K1. Beckenkammstück mit Periost, 1 Woche alt. Azanfärbung. Das mitüberpflanzte Periost ist als dunkler Streifen über dem Knochen gut erkennbar. Links ist Lagergewebe zwischen Periost und Kortikalis eingedrungen. Rechts ist das Periost etwas dicker und liegt dem Knochen noch an.

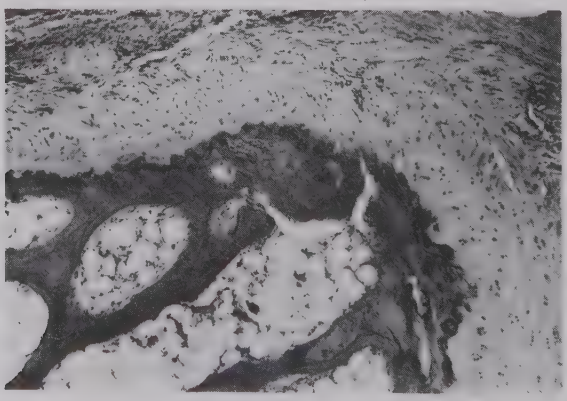

Abb. 4 Kaninchen K1. Beckenkammstück mit Periost, 1 Woche alt. Stärkere Vergrößerung aus Abb. 1. Beginnende Degeneration des Periostes mit Demineralisierung des angrenzenden Knochens.

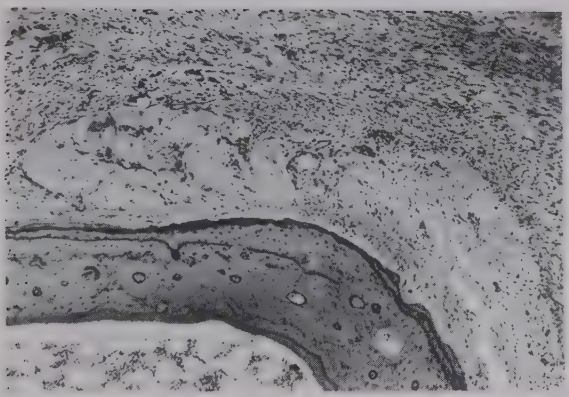

Abb. 5 Kaninchen K1. Rippenstück mit Periost, 1 Woche alt.
Der Periostmantel ist gut erkennbar. In das Periost ist Granulationsgewebe eingedrungen. Die Osteozyten der Kortikalis geben Kernfärbung. Keine Resorption der Kortikalis.

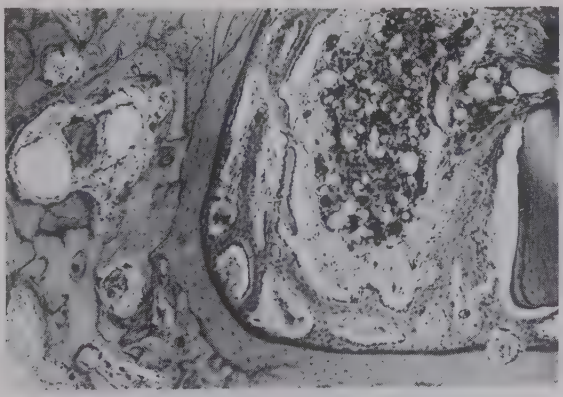

Abb. 6 Kaninchen K3. Beckenkammstück mit Periost, 3 Wochen alt.
Ausschnitt aus dem Zentrum des Transplantates. Vollständige Durchwachsung der Markräume mit fibrösem Gewebe. Links unten ein größerer Herd zerfallenen Fettmarkes. Knochenneubildung als Auflagerung junger Knochenbälkchen auf den alten Knochen. Die Osteozyten in der alten Knochensubstanz geben vielfach Kernfärbung.

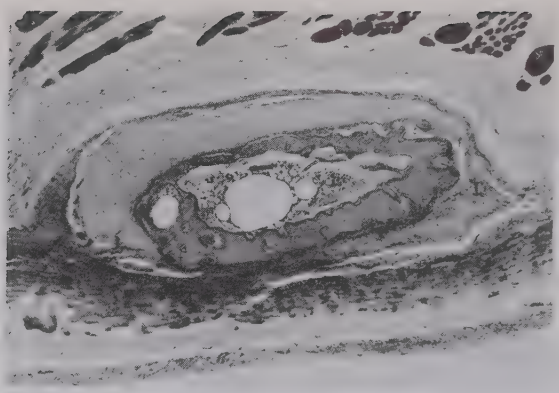

Abb. 7 Kaninchen K3. Rippenstück mit Periost, 3 Wochen alt.
Periost als hyaline Membran erkennbar, die von unten links bis oben rechts reicht. Das Lagergewebe bildet eine fibröse Kapsel um das Transplantat. An der periostfreien Seite Resorption der Kortikalis und Einwachsen von Granulationsgewebe in die Markräume. Die Knochenkontur auf der Periostseite ist ziemlich glatt. Im Zentrum fibröses Gewebe mit zerfallenem Fettmark und Ölzysten.

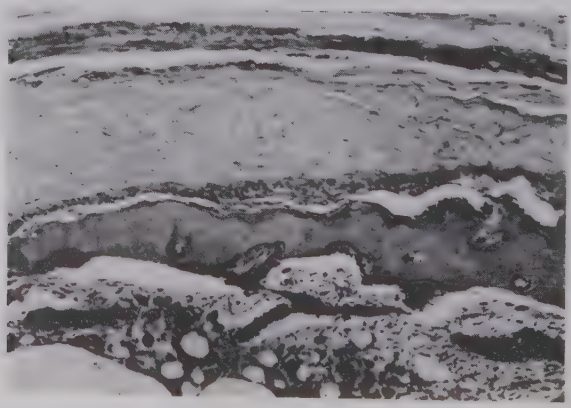

Abb. 8 Kaninchen K3. Rippenstück mit Periost, 3 Wochen alt.
Stärkere Vergrößerung aus Abb. 7. Degenerativ veränderte hyaline Periostmembran, nur wenige Osteozyten geben Kernfärbung. Knochenneubildung auf der Markseite. Hier finden sich auch Fremdkörperriesenzellen und zerfallene Fettmarkbezirke.

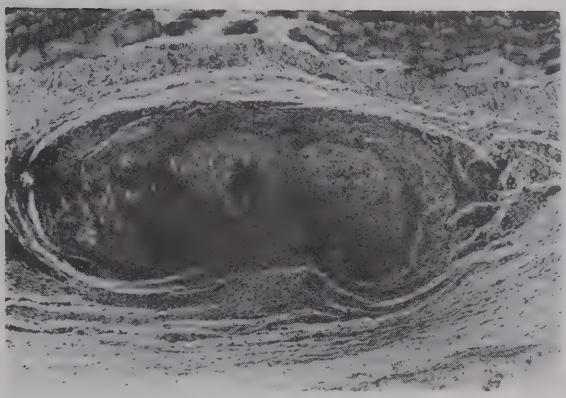

Abb. 9 Kaninchen K3. Perioststück, 3 Wochen alt.
Zellreiches Infiltrat, von Lagergewebe durchwachsen. Kein Anhalt für Knochenneubildung.

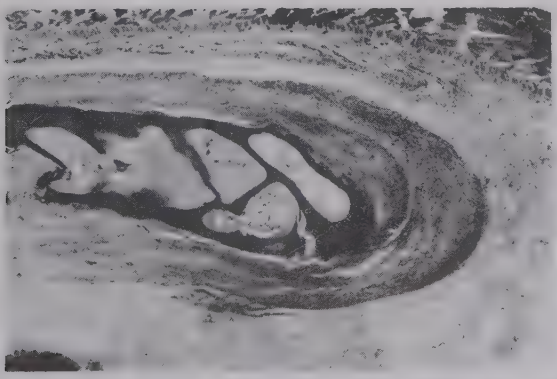

Abb. 10 Kaninchen K4. Beckenkammstück mit Periost, 4 Wochen alt.
Eine fibröse Kapsel umgibt das Transplantat. Oben das Periost, welches rechts besonders dick ist. Auf der Periostseite ziemlich glatte Knochenkontur. Rechts unter dem dicken Periost Demineralisierung der Kortikalis. Periostfreie Seite auch ziemlich glatt konturiert. Von links ist Lagergewebe in die Markräume eingedrungen. Rechts unter der demineralisierten Kortikalis Fettmark, welches noch nicht von Lagergewebe durchwachsen ist.

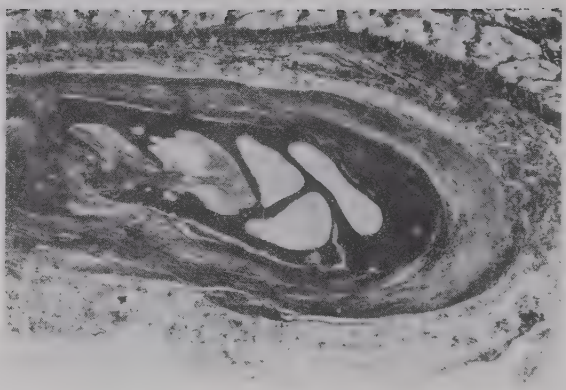

Abb. 11 Kaninchen K4. Beckenkammstück mit Periost, 4 Wochen alt. Azanfärbung. Das Periost hebt sich deutlich vom Lagergewebe ab.

Abb. 12 Kaninchen K4. Beckenkammstück mit Periost, 4 Wochen alt. Stärkere Vergrößerung der Periostseite aus einem anderen Serienschnitt. Rechts sind noch einige periostähnliche Strukturen zu erkennen. Links ist eine Differenzierung zwischen Lagergewebe und Periost nicht mehr möglich. Glatte Kontur der Kortikalis. In den Markräumen fibröses Gewebe und zerfallendes Fettmark.

c) Rippenstück mit Periost (Abb. 7 - 8)
An der Periostseite findet sich eine breite bindegewebige, kernarme Membran (Abb. 7 und 8). Die vorhandenen Zellen sind gut färbbar. Es findet sich mäßiger Knochenumbau mit Resorptionslakunen. Wenig Osteozyten sind erhalten. An der periostfreien Seite liegt eine schmale bindegewebige Membran der Kortikalis an (Abb. 7). Auch hier sind wenig Osteozyten erhalten, dafür finden sich aber stärkere Resorptionserscheinungen als an der Periostseite (Abb. 7). An beiden Seiten sind Kernfärbung gebende Osteozyten vielfach noch erhalten. Im Inneren finden sich Ölzysten, zerfallene Fettreste und Fremdkörperriesenzellen (Abb. 7 und 8). Knochenneubildung findet sich in Form feiner Knochenspangen, die sich auf die Spongiosabälkchen legen. Man hat den Eindruck, daß das Transplantat zum größten Teil erhalten geblieben ist.

d) Rippenstück ohne Periost
Das ganze Transplantat ist von einer bindegewebigen Hülle umgeben. Sowohl auf der Hautseite, als auch auf der Muskelseite, sowie links und rechts sieht man mehrere Resorptionslakunen. Auf der rechten Seite befindet sich eine Zone mit Demineralisierung des Knochens. Die Osteozytenhöhlen sind überwiegend leer. Im Inneren sieht man zerfallenes Fettmark mit Plasmazellen und wenigen Leukozyten. Osteozyten sind fast überall vorhanden, zeigen Kernfärbung und aktive Formen mit Zellvergrößerung.

e) Spongiosastück
Um das Transplantat findet sich eine Hülle aus fibrösem Gewebe mit straffer Faseranordnung. Die Spongiosabälkchen sind durch lakunäre Resorptionen weitgehend aufgelöst. An vielen Stellen erkennt man Osteoblasten. Das Knochenmark ist durch ein zellreiches Granulationsgewebe ersetzt. Die Osteozyten geben in dünneren Spongiosaspangen fast immer Kernfärbung, während sich in den dickeren Knochenbälkchen fast nur leere Knochenhöhlen finden.

f) Periststück (Abb. 9)
Es ist nur ein sehr dichtes zellreiches Gewebe zu sehen, das fast ganz gefäßlos ist. Stellenweise meint man osteoide Strukturen zu erkennen, ohne jedoch einen sicheren Anhalt für Knochenneubildung zu haben (Abb. 9).

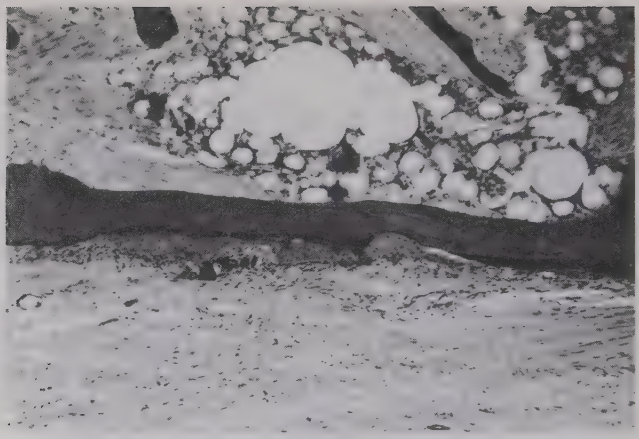

Abb. 13 Kaninchen K4. Beckenkammstück mit Periost, 4 Wochen alt. Die periostfreie Seite desselben Schnittes wie Abb. 12. Knochenneubildung als Auflagerung auf die alte Kortikalis.

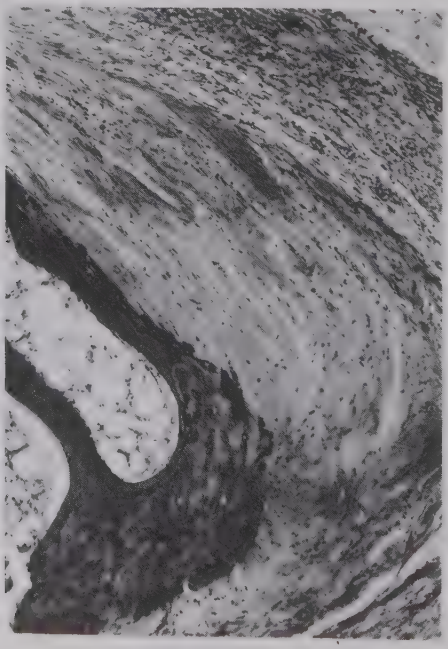

Abb. 14 Kaninchen K4. Beckenkammstück mit Periost, 4 Wochen alt. Stärker vergrößerter Ausschnitt der rechten Seite des Transplantates. Der dicke Periostmantel zeigt hyaline Degeneration mit Demineralisierung der darunter gelegenen Kortikalis. Die Kollagenfasern des Knochengewebes gehen nach Auflösung der anorganischen Bestandteile in das Periost über.

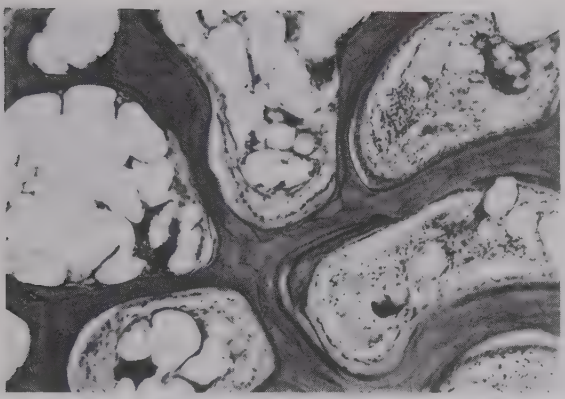

Abb. 15 Kaninchen K5. Beckenkammstück mit Periost, 5 Wochen alt. Stärkere Vergrößerung aus dem Zentrum des Transplantates. Lagergewebe ist in die Markräume eingedrungen und bildet neuen Knochen, der dem alten Knochen saumartig aufgelagert wird. Osteoblastensäume sind gut erkennbar. In den Markräumen findet sich auch zerfallenes Fettmark

D. Kaninchen K4. Operiert am 29.8.60
Getötet am 26.9.60
Die Transplantate sind 4 Wochen alt.

a) Beckenkammstück mit Periost (Abbildung 10 - 14)
Das Transplantat ist von einer dicken, fibrösen, zellarmen Hülle umgeben, die besonders rechts stark ausgeprägt ist (Abb. 10 und 11). Die Periostseite zeigt eine noch erhaltene und rechts etwas kräftiger ausgebildete Periostschicht, die degenerative Veränderungen mit Hyalinisierung aufweist (Abb. 14). Der Knochen ist an der rechten oberen Seite demineralisiert (Abb. 10, 11 und 14). Das faserreiche Gewebe der Umgebung geht an dieser

Stelle anscheinend in den Knochen über (Abb. 11). Der Knochen wird unter Zurücklassung seiner faserigen Elemente immer mehr abgebaut, wobei einige Osteozyten als Fibrozyten erhalten bleiben (Abb. 14). Daneben gibt es mehrere Osteozyten mit Kernfärbung. Auf der periostfreien Seite finden sich diese Demineralisierungsvorgänge nicht. Hier sieht man vereinzelt angefärbte Osteozyten und geringe Knochenneubildung an der Kortikalis (Abb. 13). Das Knochenmark ist fast ganz durch fibröses Gewebe ersetzt, nur an manchen Stellen sind noch Reste nekrotischen Fettmarkes zu sehen (Abb. 10-14). Auf manchen Spongiosabälkchen ist neuer Knochen aufgelagert.

b) Beckenkammstück ohne Periost
Um das Transplantat zieht eine straffe bindegewebige Hülle. Auf der Hautseite zeigen sich an mehreren Stellen Resorptionsvorgänge, man sieht deutlich Osteoklasten. Auf der Muskelseite findet sich ebenfalls lebhafter Knochenumbau mit Demineralisierung und lakunärer Resorption. An manchen Stellen sieht man leere Knochenhöhlen, im allgemeinen sind aber die Osteozyten an den Stellen stärkeren Umbaus gefärbt. Auf der rechten Seite wird hauptsächlich neuer Knochen gebildet. Im Inneren des Transplantates findet sich neben Resten nekrotischen Fettmarkes fibröses Bindegewebe. In einzelnen zentralen Knochenbälkchen sind Osteozyten mit Kernfärbung vorhanden. Manchmal findet auch dort Knochenneubildung statt. Als Nebenbefund zeigt sich eine Epithelzyste, die mit nekrotischem Fettgewebe, Hornsubstanz und Zelldetritus angefüllt ist. Ihre Entstehung ist wohl auf eine Epithelverlagerung bei der Operation zurückzuführen.

c) Rippenstück mit Periost
Auf der linken oberen Seite ist das Periost noch zu sehen. Zum überwiegenden Teil sind die Osteozyten angefärbt. Auf der periostfreien Seite trifft man lakunäre Resorption an, das Granulationsgewebe dringt teilweise in die Knochenkanälchen ein. Im Inneren findet sich zerfallenes Fettmark mit Leukozyten und Megakaryozyten, aber kein fibröses Gewebe.

d) Rippenstück ohne Periost
Es besteht kein wesentlicher Unterschied zum vorherigen Präparat.

e) Spongiosastück
Konnte nicht mehr aufgefunden werden.

f) Perioststück
An der Stelle des eingepflanzten Periostes findet sich ein zellreiches Bindegewebe mit Fremdkörperriesenzellen. Bei der Untersuchung im polarisierten Licht sieht man reichlich doppelbrechende Kristalle.

E. Kaninchen K5. Operiert am 18.8.60
Getötet am 22.9.60
Die Transplantate sind 5 Wochen alt.

a) Beckenkammstück mit Periost (Abbildung 15, Ausschnitt aus dem Zentrum)
Das Transplantat ist von einer fibrösen zellarmen Kapsel umgeben. Auf der Periostseite, hauptsächlich rechts, ist noch eine dicke Periostschicht zu erkennen, stellenweise sind erhaltene Zellkerne vorhanden. Der hier angrenzende Knochen zeigt Demineralisierung, die Osteozytenhöhlen sind an dieser Stelle leer. Auf der periostfreien Seite sieht man geringfügigen Knochenabbau, wobei teilweise die Markhöhle eröffnet ist. Im Inneren ist das Knochenmark bis auf einige Ölzysten durch eingewachsenes Bindegewebe ersetzt. Daneben zeigen sich an einigen Stellen Rundzelleninfiltrationen und Eiweißniederschläge. Die Osteozyten geben nur vereinzelt eine Kernfärbung. Auf den Spongiosabälkchen erkennt man neugebildete Knochenlamellen mit Osteoblastensäumen (Abb. 15).

b) Beckenkammstück ohne Periost
Um das Transplantat liegt eine dicke fibröse Kapsel. An allen Seiten des Präparates zeigen sich starke Knochenresorptionsvorgänge. Es wird aber nicht im gleichen Maße neuer Knochen angebaut. Im Markraum finden sich untergehendes Fettgewebe, Leukozyten und Rundzellen, aber nur wenig eingewachsenes Granulationsgewebe. Die Osteozyten sind zum großen Teil angefärbt und zeigen aktive Formen.

c) Rippenstück mit Periost
Das Transplantat wird von einer fibrösen Hülle umgeben. Die Periostseite zeigt sehr wenig Resorptionslakunen im Vergleich zur periostfreien Seite. Das Knochenmark ist durch eingewachsenes Bindegewebe ersetzt. Es finden sich an einigen Stellen Ölzysten und Rundzelleninfiltrationen. Der Einbruch des fibrösen Gewebes erfolgt von der periostfreien Seite her. Knochenneubildung findet sich an einigen Spongiosabälkchen. Die Osteozyten zeigen vielfach noch Kernfärbung.

d) Rippenstück ohne Periost
Das Transplantat ist oben und unten von einer fibrösen Bindegewebsschicht umgeben, die sich rechts und links verbreitert. Oben und unten sind noch sehr viele Osteozyten erhalten. Im Markraum ist das Knochenmarksgewebe durch eingewachsenes Bindegewebe substituiert. Darunter befinden sich noch einige zerfallene Fettzellen. Es zeigt sich nur eine geringe Knochenneubildung.

e) Spongiosastück
Konnte nicht mehr aufgefunden werden.

f) Perioststück
Konnte nicht mehr aufgefunden werden.

2. Versuchsgruppe

A. Kaninchen KI 1. Operiert am 1.11.60
Getötet am 8.11.60
Die Transplantate sind 1 Woche alt.

a) Beckenkammstück mit Periost
Das ganze Stück ist eitrig durchsetzt. An der Oberfläche kann man das Periost als hyaline Membran erkennen. Links unten ist etwas Lagergewebe in die Knochenkanälchen eingedrungen.

b) Beckenkammstück ohne Periost
Oben sieht man Resorptionslakunen und einwachsendes Granulationsgewebe. Daneben finden sich einige neugebildete Knochenbälkchen. An der angeschnittenen Spongiosaseite links wächst Granulationsgewebe in den Markraum. Unten rechts hat sich ein Abszeß gebildet. Einige Osteozyten geben Kernfärbung. Im Inneren des Transplantates zeigt sich eitrige Infiltration.

c) Rippenstück mit Periost
Oben und unten liegt dem Transplantat eine fibröse Kapsel an. Auf der rechten und linken Seite erkennt man eitrige Infiltration mit Abszeßbildung. Im Inneren findet sich zerfallenes Fettmark. Man sieht deutlich Osteozyten die Kernfärbung geben.

d) Rippenstück ohne Periost
Oben befindet sich eine fibröse Kapsel. Rechts, links und unten eröffnet sich eine große Abszeßhöhle, in die das Rippenstück hineinragt. Im Inneren sieht man zerfallenes Fettmark. Die Osteozyten geben vielfach noch Kernfärbung.

e) Spongiosastück
Um das Transplantat, von dem nur mehr einige Knochenbälkchen erhalten sind, liegt eine Abszeßhöhle.

f) Perioststück
Konnte nicht mehr aufgefunden werden.

B. Kaninchen KI 2. Operiert am 31.10.60
Getötet am 14.11.60
Die Transplantate sind 2 Wochen alt.

a) Beckenkammstück mit Periost
Oben links ist das Periost als hyaline nekrotische Membran erkennbar, dort ist auch Entmineralisierung des Knochens zu sehen. Im Zentrum erkennt man zerfallenes Mark. Im Knochen sind einige Osteozyten vorhanden, die Kernfärbung geben.

b) Beckenkammstück ohne Periost
Auf der oberen Seite erkennt man hyalinisierte Reste des Periostes. Auf der rechten Seite zeigt der Knochen Demineralisierung. Unter dem Transplantat ist Eiterbildung sichtbar. Im Knochen gibt es einige Osteozyten mit erhaltener Kernfärbung.

c) Rippenstück mit Periost
Das Transplantat ist vom Eiter umspült. Die Periostmembran rechts oben zeigt eitrige Durchsetzung. Im Zentrum befindet sich zerfallenes Mark. Es gibt nur wenige Osteozyten, die eine Kernfärbung geben.

d) Rippenstück ohne Periost
Das Transplantat ist vom Eiter umspült, auch im Inneren befindet sich Eiter. Man sieht nur wenige Osteozyten mit Kernfärbung.

e) Spongiosastück
Das Transplantat ist fast ganz vom Eiter umspült. Im Inneren befindet sich

zerfallenes Mark und einwachsendes Granulationsgewebe. Die Osteozyten in den Knochenbälkchen zeigen hier teilweise Kernfärbung.

f) Periststück
Konnte nicht mehr aufgefunden werden.

C. Kaninchen KI 3. Operiert am 6.10.60
Getötet am 27.10.60
Die Transplantate sind 3 Wochen alt.

a) Beckenkammstück mit Periost (Abbildung 16 und 17)
Oben befindet sich eine hyalinisierte Membran, die das Periost darstellt (Abb. 16 und 17). Man sieht Demineralisierung des Knochens und an einigen Stellen Resorptionslakunen. Unten ist die Resorptionstätigkeit stärker. An vielen Stellen ist die Kompakta durchbrochen und das Granulationsgewebe wuchert ins Zentrum (Abb. 16 und 17). Im Inneren wechselt zerfallenes Knochenmark mit leukozytärer Infiltration. Auf der rechten Seite wuchert Granulationsgewebe in den Markraum. Die Osteozyten geben teilweise, sowohl auf der Periostseite, als auch auf der periostfreien Seite Kernfärbung.

b) Beckenkammstück ohne Periost
Von dem Transplantat sind nur noch Reste der Kortikalis erhalten. Im Inneren ist das Mark vollständig durch fibröses Gewebe ersetzt.

c) Rippenstück mit Periost
Das Periost, das sich links und rechts oben befindet, ist als hyalinisierte, kernarme Membran zu erkennen. An einer Stelle ist das Periost etwas von der Kortikalis abgehoben. In dem entstandenen Hohlraum befinden sich Leukozyten. Es ist im ganzen Stück keine nennenswerte Resorption zu erkennen. Im Inneren sieht man fast nur zerfallenes Mark. Osteozyten mit erhaltener Kernfärbung sind oben häufiger als unten.

d) Rippenstück ohne Periost
Oben und unten sieht man mehrere Resorptionslakunen. Das eingedrungene Granulationsgewebe hat hier teilweise die Kortikalis durchbrochen und ist in die Spongiosa eingewuchert. Auf der linken Seite ist die Spongiosa eröffnet und das Granulationsgewebe tritt in breiter Front in den Markraum. Die Osteozyten der rechten Seite zeigen vereinzelt Kernfärbung.

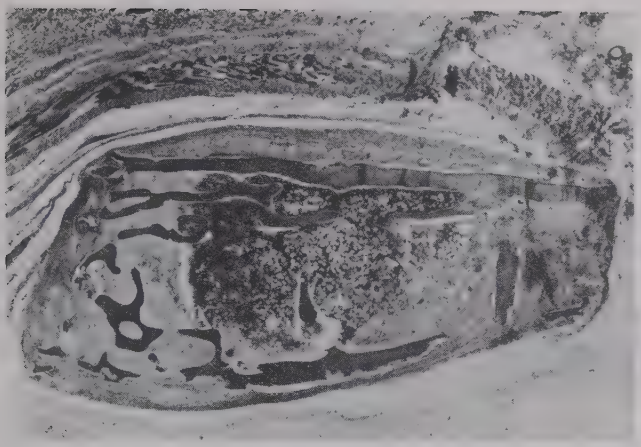

Abb. 16 Kaninchen KI 3. Beckenkammstück mit Periost, 3 Wochen alt. Periost auf der Oberseite nicht mehr sicher vom Lagergewebe abzugrenzen. Glatte Kontur der Kortikalis. Auf der periostfreien Seite stärkere Resorption der Kortikalis. Einwachsen des Lagergewebes. Im Zentrum des Transplantates zerfallendes Knochenmark mit leukozytärer Infiltration.

e) Spongiosastück

Das Spongiosastück ist vollständig von Bindegewebe durchwachsen, ohne wesentliche entzündliche Infiltration; zwischen den Spongiosabälkchen sieht man noch kleine Reste zerfallenen Fettmarkes. Im ganzen Transplantat sieht man keine Knochenneubildung.

f) Periostst ück

Das Stück ist als hyalinisierte Membran zu erkennen. Oben befindet sich ein demineralisierter Knochenstreifen. Links und rechts vom Periostst ück sieht man kleinere Eiterherde. Von unten her ist das Stück vom Bindegewebe durchsetzt.

D. Kaninchen KI 4. Operiert am 27.10.60
Getötet am 24.11.60
Die Transplantate sind 4 Wochen alt.

Drei Wochen nach der Operation entstand an der Implantationsstelle ein gut hühnereigroßer subcutaner Abszeß. Die Transplantate schwammen im Eiter. Auf eine histologische Untersuchung wurde deshalb verzichtet.

E. Kaninchen KI 5. Operiert am 18.10.60
Getötet am 22.11.60
Die Transplantate sind 5 Wochen alt.

Es findet sich nur noch ein Transplantat. An Stelle der anderen ist nur noch ein entzündliches Narbengewebe vorhanden.

Beckenkammstück mit Periost

Um das Transplantat verläuft eine fibröse Kapsel, die stellenweise entzündliche Infiltration aufweist. Oben rechts sieht man etwas hyalin verquollenes Bindegewebe, welches wahrscheinlich das alte Periost darstellt. Die Konturen der Kortikalis sind oben glatter als unten. Im Inneren des Transplantates sieht man entzündliche Infiltration und Granulationsgewebe. Die Osteozyten zeigen nur teilweise Kernfärbung. Man sieht keinen Knochenanbau.

3. Versuchsgruppe

A. Kaninchen KN 1. Operiert am 24.11.60
Getötet am 1.12.60
Die Transplantate sind 1 Woche alt.

a) Beckenkamm mit Periost und Kompakta
Das Periost ist teilweise noch als hyaline Membran zu erkennen, in die das Lagergewebe eingewachsen ist. Sowohl auf der Periostseite, als auch auf der Kompaktaseite weist der Knochen eine glatte Kontur auf. Im Inneren des Transplantates befindet sich zerfallendes Fettmark mit Leukozyten. Die Osteozyten geben an einigen Stellen Kernfärbung, an anderen Stellen dagegen erscheinen die Knochenhöhlen leer.

b) Beckenkammstück mit Periost und Spongiosa
Das Periost ist meist gut erhalten, stellenweise als hyalinisierte Membran. An dünneren Stellen sind die Zellen des Periostes erhalten. Auf der Spongiosaseite sieht man lakunäre Resorption, daneben einwucherndes Granulationsgewebe. Auf der linken Seite sind Knorpelanteile erhalten. Im Inneren findet sich zerfallendes Fettmark und Leukozyten. Nur wenige Osteozyten geben Kernfärbung.

B. Kaninchen KN 2. Operiert am 8.12.60
Getötet am 22.12.60
Die Transplantate sind 2 Wochen alt.

a) Beckenkammstück mit Periost und Kompakta (Abb. 18, Teilansicht)
Das Periost ist vollständig erhalten und weist keinerlei Degenerationen auf. Auf der Periostseite ist die Kontur der Kompakta glatt und nur an wenigen Stellen durch lakunäre Resorptionen unterbrochen. Fast überall hat sich zwischen Periost und Kompakta neuer Knochen gebildet (Abb. 18). Auf der periostfreien Seite ist die Knochenkontur nicht so glatt, sie wird häufig von lakunären Resorptionen und aufgelagerten Lamellen neugebildeten Knochens unterbrochen. Im Inneren des Transplantates ist das Mark durch eingewachsenes fibröses Gewebe ersetzt. Spongiosabälkchen sind nicht mehr vorhanden.

b) Beckenkammstück mit Periost und Spongiosa
Das Transplantat ist von einer fibrösen Kapsel umgeben. Das Periost ist als zellreiche Membran erhalten, nur an einigen Stellen finden sich kleinere hyalinisierte Bezirke. Das ursprüngliche Periost kann vom Lagergewebe nicht mehr scharf getrennt werden. Zwischen Periost und Knochensubstanz befindet sich ein Serom. Von der Kompakta auf der Periostseite ist nur mehr ein schmaler membranartiger Saum erhalten. Auf der linken Seite sieht man etwas Knorpelgewebe. Die Spongiosaseite zeigt einwachsendes fibröses Gewebe und geringe Resorptionen. Die Osteozyten der Knochenbälkchen in der Spongiosa geben nur vereinzelt Kernfärbung. Im Inneren des Transplantates ist links eine eitrig-hämorrhagische Infiltration aufgetreten. Rechts befinden sich Reste zerfallenen Fettmarkes.

C. Kaninchen KN 3. Operiert am 1.12.60
Getötet am 22.12.60
Die Transplantate sind 3 Wochen alt.

a) Beckenkammstück mit Periost und Kompakta
(Abbildung 19, Ausschnitt aus dem Zentrum)
Das Transplantat ist von einer fibrösen Kapsel umgeben. Auf der Periostseite sind die Konturen durch lakunäre Resorption unregelmäßig. Die bindegewebige Membran ist hier dicker als auf der periostfreien Seite. Die Kompakta ist auf der periostfreien Seite bereits aufgelöst, nur Reste alter Knochenbälkchen sind noch vorhanden. Überall findet sich reichlich neugebildeter Knochen (Abb. 19). Im Inneren finden sich an manchen Stellen noch Reste von Fettmark.

b) Beckenkammstück mit Periost und Spongiosa
Auf der Periostseite sieht man eine zellreiche Membran, die das Periost darstellt. Die Kompakta ist hier an einigen Stellen durchbrochen. Überall ist rege Osteoblastentätigkeit zu finden. An vielen Stellen liegt neugebildeter Knochen auf den alten Knochenbälkchen. Auf der Spongiosaseite ist die Knochenstruktur bedeutend unregelmäßiger, man erkennt stärkere Resorption, Knochenneubildung und Reste von untergehendem Knochenmark. Im Inneren des Transplantates findet man nur noch wenige Reste von Fettmark, fast das ganze Mark ist durch fibröses Gewebe ersetzt. Die Osteozyten geben nur vereinzelt Kernfärbung.

D. Kaninchen KN 4. Operiert am 2.12.60
Getötet am 30.12.60
Die Transplantate sind 4 Wochen alt.

a) Beckenkammstück mit Periost und Kompakta
Das Transplantat wird von einer fibrösen Kapsel umgeben. Das Periost kann gegen das übrige Lagergewebe nicht mehr abgegrenzt werden. Die Knochenkontur auf der Periostseite ist ziemlich glatt, an einigen Stellen ist die Kortikalis jedoch unterbrochen und Lagergewebe ist in die Spongiosa eingedrungen. Auf der periostfreien Seite ist die Knochenkontur nicht so regelmäßig wie auf der Periostseite, da das Lagergewebe an mehreren Stellen die Kompakta durchbrochen hat. Hier finden sich nur wenig alte Knochenreste. Fast das ganze Transplantat besteht aus neuem Knochen, der die alten, noch bestehenden Knochenbälkchen miteinander verbindet. Im Inneren des Transplantates finden sich Reste untergehenden Fettmarkes, die von eingedrungenem Lagergewebe durchwachsen sind. Auf den Knochenbälkchen ist neugebildete Knochensubstanz mit reichlichen Osteoblastensäumen abgelagert. Die Osteozyten geben nur vereinzelt Kernfärbung.

b) Beckenkammstück mit Periost und Spongiosa
Das Transplantat ist von einer bindegewebigen Kapsel umgeben. Auf der linken Hälfte kann man das Periost nicht mehr vom Lagergewebe trennen. Rechts sieht man hyalinisierte Bezirke im Periost. Ganz rechts liegt etwas Knorpelsubstanz. Die Periostseite ist ziemlich glatt konturiert. Auf der linken Seite befindet sich alter Knochen ohne färbbare Osteozyten, in der Mitte ein Bezirk mit neugebildetem Knochen und rechts wieder eine Stelle alten Knochens, dem aber eine neugebildete Knochenlamelle aufgelagert ist. Die Spongiosaseite zeigt Einwachsen von fibrösem Gewebe. Die Knochenbälkchen enthalten stellenweise Osteozyten mit Kernfärbung und zeigen überall Auflagerung neuen Kno-

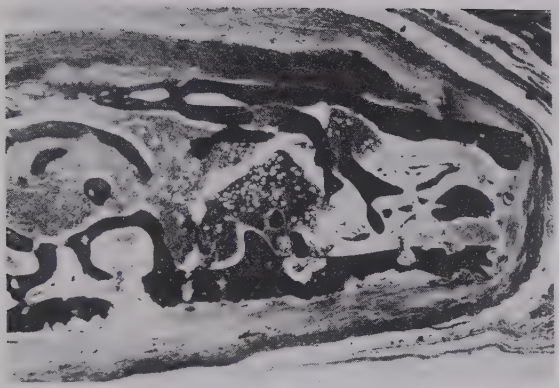

Abb. 17 Kaninchen KI3. Beckenkammstück mit Periost, 3 Wochen alt. Azanfärbung. Das Periost hebt sich deutlich vom Lagergewebe ab. Unter dem Periost glatte Knochenkontur. Auf der periostfreien Seite Resorptionslakunen mit einwachsendem Lagergewebe.

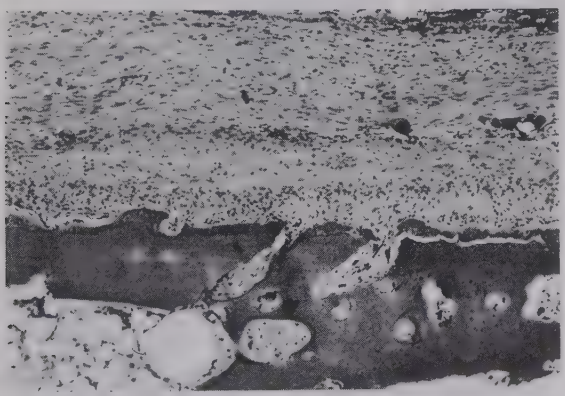

Abb. 18 Kaninchen KN2. Beckenkammstück mit Periost und Kompakta, 2 Wochen alt. Zwischen Kompakta und Periost hat sich ein schmaler Saum neuen Knochengewebes gebildet. Das Periost ist vom Lagergewebe durchwachsen und etwas vom Knochen abgedrängt. Einige Osteozyten geben Kernfärbung.

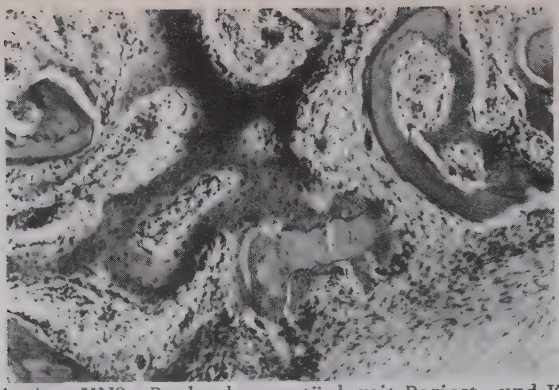

Abb. 19 Kaninchen KN3. Beckenkammstück mit Periost und Kompakta, 3 Wochen alt. Stärkere Vergrößerung aus dem Zentrum des Transplantates. Es sind noch einige Reste alten Knochens erkennbar, denen neugebildete Knochenbälkchen aufgelagert sind.

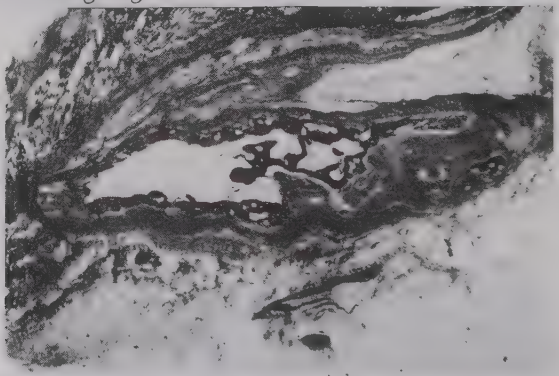

Abb. 20 Kaninchen KN5. Beckenkammstück mit Periost und Kompakta, 5 Wochen alt. Azanfärbung. Auf der Periostseite ist die Knochenkontur ziemlich glatt. Auf der periostfreien Seite rechts stärkere Resorption mit Randzackenbildung. Das Lagergewebe ist hier in die Markräume eingedrungen.

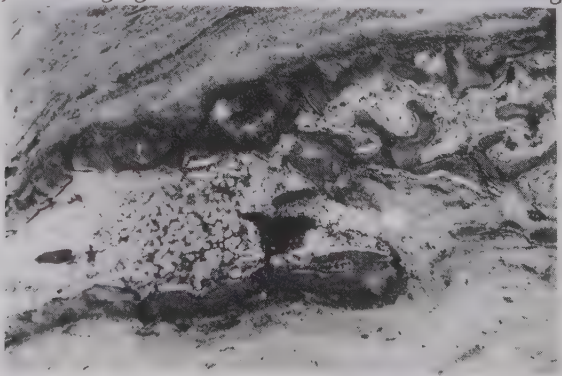

Abb. 21 Kaninchen KN5. Beckenkammstück mit Periost und Kompakta, 5 Wochen alt. Stärkere Vergrößerung aus einem anderen Serienschnitt. Zwischen Resten alter Knochenbälkchen findet sich neuer Knochen. Das Fettmark ist zum großen Teil vital.

chens. Im Inneren sind die Markräume von fibrösem Gewebe durchwachsen. Stellenweise finden sich noch zerfallenes Fettmark und Leukozytenansammlungen. Rechts sieht man einige Blutungen im Mark.

E. Kaninchen KN 5. Operiert am 24. 11. 60
Getötet am 29. 12. 60
Die Transplantate sind 5 Wochen alt.

a) Beckenkammstück mit Periost und Kompakta (Abbildung 20 und 21)
Das Periost ist vom Lagergewebe nicht mehr abzugrenzen. Die Periostseite ist regelmäßig glatt, nur an einigen Stellen dringt Bindegewebe durch die Kompakta. Die periostfreie Seite ist unregelmäßig konturiert (Abb. 20 und 21). Auf der linken Seite zeigt sich alte Kompakta, der auf der Innenseite neuer Knochen aufgelagert ist. Die rechte Seite besteht nur aus einigen Bälkchen neugebildeten Knochens, die alte Kompakta ist resorbiert (Abb. 20). Vereinzelt kann man Osteoblasten erkennen. Im Inneren befinden sich nur noch Reste alter Knochenbälkchen, von denen einige vereinzelte Osteozyten Kernfärbung erkennen lassen. Das Gewebe zwischen den Spongiosabälkchen besteht aus fibrösem Mark und stellenweise lebendem Fettmark.

b) Beckenkammstück mit Periost und Spongiosa
Die Periostseite ist ziemlich gleichmäßig konturiert, jedoch stellenweise durch einwucherndes, fibröses Gewebe durchbrochen. Es finden sich nur noch wenig alte Knochenbälkchen, die Mehrzahl der Knochensubstanz besteht aus neugebildetem Knochen, der dem alten aufgelagert ist. Auf der Spongiosaseite rechts erkennt man eine neugebildete Knochenspange, die der Kompakta entspricht. Links fehlt diese, hier liegen nur einige verstreute Knochenbälkchen. Im Inneren erkennt man fibröses Gewebe, auf der rechten Seite außerdem lebendes Fettmark, wobei nicht gesagt werden kann, ob es sich hierbei um überlebendes, oder neugebildetes Gewebe handelt. In den alten Knochenteilen sind keine Osteozyten mit Kernfärbung zu erkennen.

Diskussion

Auf Grund der erhobenen und beschriebenen histologischen Befunde soll unter Berücksichtigung der Literatur zu den auf Seite 2 aufgeworfenen Fragen Stellung genommen werden.

1. Findet der Knochenspan mit Hilfe des Periostes einen schnelleren Gefäßanschluß und wird dadurch das Absterben der Osteozyten verhindert? :

Von vielen Untersuchern wird angenommen, daß das Periost beim Transplantateinbau eine wichtige Rolle spielt. G. Axhausen sagt, daß dort, wo Periostbedeckung mitübertragen wurde, lebende Osteozyten erhalten bleiben, die durch das Periost ihre Ernährung erhalten. Er nimmt an, daß das Periost, sofern es direkt mit dem entzündlich veränderten Wirtsgewebe in Kontakt gerät, durch die aus diesem Gewebe strömenden Säfte ernährt wird. Um diesen Effekt noch zu steigern, legte er in das Periost Längsincisionen und stellte fest, daß mehr Osteozyten als zuvor Kernfärbung gaben. Das sah er als beweisend dafür an, daß dem Periost eine wichtige Ernährungsfunktion innewohne. Schabt man hingegen das Periost vom Knochen ab, so bleiben Reste davon in den kleinen Gefäßkanälchen zurück, die absterben und die feinen Haver'schen und Volkmann'schen Kanälchen verstopfen, so daß ein Eindringen der ernährenden Stoffe verhindert wird. Lexer glaubt ebenfalls, daß durch schnelleren Gefäßanschluß der Kambiumzellen des Periostes ein Absterben der Osteozyten verhindert werden könne. Auch Bürkle de la Camp bestätigt, ebenso wie Peer und Phemister, einen rascheren Gefäßanschluß des Transplantates mit Hilfe des Periostes. Barth hingegen lehnt eine derartige Funktion des Periostes vollständig ab, wenn er sagt: "Ich glaube nicht, daß das Periost einen entscheidenden Einfluß auf das implantierte Knochenstück hat". Wereschinski dagegen konnte an Hand von Tierversuchen zeigen, daß dort, wo das Periost mit dem Knochen transplantiert wurde, sich die Osteozyten am längsten erhalten haben. Oberdalhoff gab an, daß das Periost für die Ernährung und die nervöse Versorgung des Transplantates sorgt. Auf Grund der Ergebnisse dieser Untersuchungen, konnte festgestellt werden, daß die Osteozyten unabhängig davon, ob Periost vorhanden ist oder nicht, manchmal Kernfärbung zeigen, ein anderes Mal wieder nicht. Es konnte folglich nicht nachgewiesen werden, daß das Periost einen schnelleren Gefäßanschluß gewährleistet und daß ein längeres Erhaltenbleiben der Osteozyten die Folge ist. Die Zellen des Periostes zeigen dagegen aber fast immer Kernfärbung, auch 5 Wochen nach der Transplantation; allerdings zeigt sich auch hin

und wieder eine Zellverarmung. Es fand sich, daß die Periostmembran von den Zellen des Wirtsbindegewebes durchwachsen wird. Das Periost bleibt wohl erhalten, zeigt aber degenerative Veränderungen und ist nach einiger Zeit vom eingewachsenen Lagergewebe nicht mehr abzugrenzen. Nimmt man an, daß die Osteozyten mit erhaltener Kernfärbung am Leben geblieben sind, so wäre es denkbar, daß diese Zellen vom Saftstrom und nicht über Gefäßanschlüsse Ernährung finden. Interessant ist, daß der Knochen fast nur an Stellen mit dickem Periostmantel Entmineralisierungserscheinungen zeigte, wobei die Osteozyten in Fibrozyten überzugehen scheinen. Diese Entkalkungszonen umfassen aber nie die ganze Kompaktalamelle, sondern immer nur die an das Periost angrenzenden Schichten.

2. Welche Zellen sind für die Knochenneubildung verantwortlich zu machen? :

In der wissenschaftlichen Literatur besteht eine Diskrepanz der Meinungen, von welchen Zellen die Knochenneubildung ausgeht. Im großen und ganzen kann man zwei Ansichten unterscheiden, nämlich die Osteoblastentheorie und die Metaplasietheorie. Die Anhänger der ersteren glauben, daß sich Zellen des Transplantates, nämlich des Periostes und des Endostes zu Osteoblasten umwandeln. Es ist bekannt, daß das Periost aus einer äußeren Adventitia- und einer inneren Kambiumschicht besteht. Die letztere ist beim jugendlichen Individuum bis zum Abschluß des Knochenwachstums vorhanden.

Die Verfechter der Metaplasietheorie verwerfen jegliche aktive Beteiligung der Transplantatzellen bei der Knochenbildung und schreiben diese dem jungen pluripotenten Granulationsgewebe zu, dessen Zellen auf Grund eines Reizes sich zu Osteoblasten umwandeln. Der Gründer dieser Lehre ist Barth. Zahlreiche Nachuntersucher schlossen sich seiner Meinung an (Annersten, Baschkirezew, Bonome, Eyckman van der Kamp, Ham, Lentz, Leriche, Longacre, Levander, Maatz, Martin, Oberdalhoff, Orell, Peer, Petrow, Phemister, Policard, Rhode, Roth, Wereschinski).

Ollier, der Begründer der Osteoblastentheorie, konnte bei seinen Transplantationsversuchen nur dann Knochenneubildung sehen, wenn auch das Periost mitübertragen worden war. Auch bei alleiniger Periosttransplantation sah er Knochenbildung. Auch G. Axhausen kam zu diesen Ergebnissen. Barth und seine Anhänger jedoch stellten fest, daß das Periost und das ganze übrige Transplantat regelmäßig zugrunde gehe, daß aber auch bei totem Knochen das

übertragene Knochenstück ebenso wie das lebende durch neuen Knochen ersetzt wird. G. Axhausen wies darauf hin, daß das Periost jugendlicher Tiere sehr wohl zur Knochenbildung befähigt sei, da es eine stark entwickelte Kambiumschicht mit Zellen im Osteoblastenvorstadium enthalte, die bei gutem Gefäßanschluß knochenbildungsfähig sei. Das Periost Erwachsener besitzt zwar auch noch eine Kambiumschicht, diese ist aber verkümmert und normalerweise nicht mehr aktiv. Durch einen Reiz kann sie, W. Axhausen zufolge, ihre ursprüngliche jugendliche Knochenbildungstätigkeit wieder erlangen. Deshalb sei bei Transplantation von Erwachsenenperiost nur dann Knochenneubildung zu erwarten, wenn man kleine Knochenstücke mit dem Periost abhebt und verpflanzt. Das Absterben dieser Knochenstückchen stelle dann den Reiz zur Regeneration der Kambiumschicht dar.

In den beschriebenen Versuchen wurden zwar junge Kaninchen verwandt, es konnte aber festgestellt werden, daß das Periost zwar am Leben bleibt, daneben aber vielfach, und zwar besonders an dicken Stellen, degenerative Veränderungen zeigt. Knochenneubildung zwischen dem Periost und der Kortikalis wurde gelegentlich gefunden. Häufiger aber fand sich neuer Knochen an periostlosen Stellen. Ob die Tatsache, daß sich zwischen Periost und Kortikalis Knochen gebildet hatte, dafür beweisend ist, daß Periostzellen, gemäß der Osteoblastentheorie, Knochen bilden können, wie W. Axhausen es glaubt, ist auf Grund dieser Versuche nicht zu entscheiden. Die Tatsache, daß auch ohne Periost genügend viel neuer Knochen entstanden ist, spricht jedenfalls dafür, daß keineswegs allein Periost für die Knochenneubildung verantwortlich zu machen ist. In diesem Sinne spricht auch die Feststellung, daß bei reiner Periostübertragung kein neugebildeter Knochen gefunden wurde.

3. Ist das Periost allein in der Lage, neuen Knochen zu bilden? :

Über diese Frage wurde ebenfalls schon viel diskutiert. Die Anhänger der Osteoblastentheorie geben an, bei der reinen Periosttransplantation Knochenneubildung, eindeutig vom Periost ausgehend, gesehen zu haben. Die Gegner dieser Theorie dagegen bestritten anfangs gänzlich, daß dem Periost diese Fähigkeit innewohne, später aber bestätigten doch einige (Martin, Oberdalhoff u. a.), daß sie bei Periosttransplantation jugendlicher Tiere Knochenneubildung gesehen hätten.

Bei den vorliegenden Versuchen mit reiner Periosttransplantation konnte eine Knochenneubildung nicht beobachtet werden. In einem Falle wurde zwar kno-

chenähnliches Gewebe gefunden, das aber nicht mit Gewißheit als Knochen angesprochen werden konnte.

G. Axhausen, Levander, Wereschinski und Oberdalhoff verwendeten zu ihren Versuchen das Extremitätenperiost junger Kaninchen, während bei diesen Versuchen Rippen- und Beckenkammperiost benutzt wurde. Möglicherweise besitzt dieses eine bessere Fähigkeit zur Knochenneubildung, als das von anderen Untersuchern verwendete Periost.

4. Schützt das umgebende Periost den Knochenspan vor der Resorption durch das Lagergewebe? :

Mit Ausnahme von Barth, Marchand u.a., die regelmäßig ein Absterben des Periostes nach der Transplantation festgestellt hatten, stimmen alle Autoren darin überein, daß das Periost eine wichtige Schutzfunktion für den darunterliegenden Knochen ausübt. Es wirkt wie eine Schranke oder eine Art Isolierungsschicht, die sich dem entgegenwuchernden Granulationsgewebe in den Weg stellt und es davon abhält, die Kortikalis zu resorbieren.

Dasselbe konnte in den beschriebenen Versuchen immer wieder gesehen werden. Überall da, wo eine Periostdecke über der Kortikalis lag, waren die Resorptionserscheinungen erheblich geringer als dort, wo der Knochen dem Kontakt mit dem Granulationsgewebe direkt ausgesetzt war. Selbst nach 5-wöchiger Transplantation war die unter dem Periost liegende Knochenlamelle, auch wenn sie aus neugebildetem Knochen bestand, regelmäßiger und glatter als auf der periostfreien Seite, wo diese Schutzdecke fehlte. Die Resorption fand meist durch Osteoklasten statt, die mehr oder weniger tiefe Resorptionslakunen in den Knochen gefressen hatten und vielfach deutlich zu erkennen waren. Daneben konnte, ähnlich wie beim "schleichenden Ersatz", wie Barth sich die Auflösung des Knochens vorgestellt hatte, eine allmähliche Entmineralisierung des Knochens gesehen werden. Allerdings nur an manchen Stellen und wie oben beschrieben nur dann, wenn ein dicker Periostmantel sich über dem Knochen befand. Lexer beschreibt ebenfalls ein Nebeneinander von lakunärer Resorption und Entkalkung des toten Knochens.

5. Ist im Gebiet der Mundhöhle, wo der transplantierte Knochen oft direkt unter die Mundschleimhaut zu liegen kommt, die Überpflanzung periostgedeckter Späne der Transplantation periostloser Knochenstücke vorzuziehen? :

Die Knochentransplantation in der Mundhöhle hat zwei entscheidende Nachteile gegenüber der Transplantation im übrigen Skelettsystem aufzuweisen.

a) Ist infolge der Keimbesiedlung in der Mundhöhle bei jeder Transplantation mit einer Infektion zu rechnen, wenn die Schleimhautdecke über dem Transplantat eröffnet ist. Diese Verletzung der Mundschleimhaut tritt dann auf, wenn durch unregelmäßige Resorption an der Kompaktalamelle des Transplantates sich scharfe Kanten und Spieße bilden, die infolge der Narbenschrumpfung die Schleimhaut perforieren und so den Bakterien ungehinderten Zutritt zum Transplantat gewähren.

b) Oftmals kann das Knochentransplantat im Mundbereich nicht ausreichend und nicht genügend lange ruhig gestellt werden, da Nahrungsaufnahme, Schluckakt, Gähnen u.ä. eine starre Verbindung des transplantierten Knochenstückes mit dem übrigen Knochen vielfach nicht ermöglichen.

An Hand der oben beschriebenen Versuche konnte festgestellt werden, daß das Periost besonders an dicken Stellen hyalin degeneriert und einen Schutzmantel gegen die Resorption darstellt. Gleichwohl zeigt aber die darunterliegende Kompakta viel weniger Resorptionserscheinungen, als die Knochenteile, die diese Schutzmembran nicht besitzen. Auch der Umbau und die Ablagerung neuer Knochensubstanz vollzieht sich auf der Periostseite regelmäßiger. Es erscheint deshalb günstiger, im Kieferbereich nur Späne zu verwenden, die auf der Seite, die unter der Schleimhaut liegen soll, eine Periostbedeckung haben, auf der anderen Seite aber offene Spongiosa besitzen. Damit verhindert man einmal die Randzackenbildung mit der Gefahr der Perforation der Mundschleimhaut und zum anderen gewährleistet die Kompaktalamelle unter dem Periost solange eine Stabilität, bis genügend neuer Knochen auf der Spongiosaseite gebildet ist. Die offene Spongiosa läßt ein schnelles Eindringen des Granulationsgewebes zu, das wiederum zu einer schnellen Knochenneubildung führt.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wurden mit jungen Kaninchen Versuche angestellt, um die Bedeutung des Periostes bei der autoplastischen Knochentransplantation zu studieren. Dabei wurden die auf Seite 2 aufgeführten Fragen der Arbeit zu Grunde gelegt. Diese sollen hier noch einmal genannt und zusammenfassend beantwortet werden.

Frage 1: Findet der Knochenspan mit Hilfe des Periostes einen schnelleren Gefäßanschluß und wird dadurch das Absterben der Osteozyten verhindert? :

Es konnte nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen werden, daß der Knochen nach der Transplantation über das Periost ernährt wird. Möglicherweise erhalten die Osteozyten durch den Säftestrom eine Ernährung, die es ihm ermöglicht, eine Zeitlang zu überleben.

Frage 2: Welche Zellen sind für die Knochenneubildung verantwortlich zu machen? :

Diese Frage kann auf Grund der vorliegenden Versuche nicht beantwortet werden. Fest steht aber, daß die Zellen des Periostes diese Funktion zumindest nicht allein ausüben, denn es wurde auch bei periostfreien Transplantaten Knochenneubildung gefunden.

Frage 3: Ist das Periost allein in der Lage, neuen Knochen zu bilden? :

In den vorliegenden Versuchen konnte, bei alleiniger Periosttransplantation, Knochenneubildung nicht festgestellt werden.

Frage 4: Schützt das umgebende Periost den Knochenspan vor der Resorption durch das Lagergewebe? :

In den beschriebenen Versuchen konnte gezeigt werden, daß die Periostdecke sich dem Granulationsgewebe als schützende Membran entgegenstellt und so eine Resorption der darunter gelegenen Kortikalis verzögert.

Frage 5: Ist im Gebiet der Mundhöhle, wo der transplantierte Knochen oft direkt unter die Mundschleimhaut zu liegen kommt, die Überpflanzung periostgedeckter Späne der Transplantation periostloser

Knochenstücke vorzuziehen? :

Auf Grund der Versuche kann gesagt werden, daß es sich empfiehlt, in der Mundhöhle zur Transplantation nur Späne zu verwenden, die auf der einen, der Schleimhaut zugewandten Seite, Periostbedeckung aufweisen, aber auf der anderen Seite offene Spongiosa tragen. Dadurch wird erreicht, daß die unter dem Periost liegende Kompaktaschale langsam und gleichmäßig resorbiert wird. Dies behindert die Kanten- und Spießbildung und beugt einer Perforation der Schleimhaut vor. Zum anderen sichert die Kompaktalamelle, die langsamer abgebaut wird als das übrige Transplantat, solange eine gewisse Stabilität des Transplantates, bis sich auf der Spongiosaseite neuer Knochen gebildet hat.

Literaturverzeichnis

1. Annersten, S.: Chirurg 13:76 (1941)

2. Axhausen, G.: Dtsch. Zschr. Chir. 91:388 (1907)
Med. Klinik II. Beiheft (1908)
Arch. klin. Chir. 88:23 (1909)
Arch. klin. Chir. 94:241 (1911)
Chirurg 22:163 (1951)

3. Axhausen, W.: Arch. klin. Chir. 279:48 (1954)
Dtsch. Zschr. Chir. 266:381 (1950)

4. Barth, A.: Arch. klin. Chir. 46:409 (1893)
Arch. klin. Chir. 48:466 (1894)
Beitr. path. Anat. Jena 17:65 (1895)
Arch. klin. Chir. 89:859 (1908)

5. Baschkirzew, N.I. u.
Petrow, N.N.: Dtsch. Zschr. Chir. 113:32 (1912)

6. Bauermeister, A.: Hefte Unfallheilkunde 58:1 (1958)

7. Bonome, A.: Virchow's Arch. path. Anat. 100:293 (1885)

8. Bürkle de la Camp, H.: Arch. klin. Chir. 276:163 (1950)
Arch. klin. Chir. 264:455 (1950)
Med. f. Alle Wien 1:449 (1953)
Arch. klin. Chir. 279:26 (1954)
Med. Welt 3:139 (1960)

9. Frangenheim, P.: Arch. klin. Chir. 93:102 (1910)

10. Frankenstein, H.: Brun's Beitr. klin. Chir. 64:121 (1909)

11. Ham, A. u. Gordan, S.: Brit. J. Plast. Surg. 5:134 (1952)

12. Ham, A.: Histology Ed. 4:226
J.B. Lippincott, Ohio (1950)

13. Hutchinson, I.: Brit. J. Surg. 39:552 (1952)

14. de Josselin de Jong
u. Eyckmann van der Kamp: Beitr. path. Anat. 79:268 (1928)

15. Karcher, H.: Arch. klin. Chir. 275:1 (1953)

16. Kneese, K.H.: Regensburger Jahrb. ärztl. Fortbild. V. 3:177 (1956)

17. Küntscher, G.: Arch. klin. Chir. 264:547 (1950)
Chirurg, 26:23 (1958)

18. Küppermann, F.: Arch. klin. Chir. 264:74 (1950)

19. Läwen, A.: Arch. klin. Chir. 90:85 (1909)

20. Lentz, W.: Die Grundlagen der Transplantation von fremdem Knochengewebe
Georg Thieme Verlag Stuttgart 1955

21. Leriche u. Policard: Presse Med. Paris 16:51 (1918)

22. Levander, G.: Surg. Gyn. Obstetr. 67:705 (1938)
Acta. chir. scand. 83:1 (1939-40)
Acta. chir. scand. 83:545 (1939-40)

23. Lexer, E.: Arch. klin. Chir. 86:939 (1908)
Dtsch. Zschr. Chir. 217:2 (1927)
Die freien Transplantationen II 1924

24. Lobenhoffer, W.: Beitr. klin. Chir. Tübingen 70:87 (1910)

25. Longacre, I.J. und De Stefano, G.A.: Plast. Surg. Baltimore 20:280 (1958)

26. Maatz, R., Lentz, W. u. Graf, R.: Zbl. Chir. 77:1376 (1952)
J. Bone and Joint. Surg. 361:721 (1954)

27. Marchand, F.: Deutsche Chirurgie, Lief. 16:487 Stuttgart (1901)

28. Martin, B.: Arch. klin. Chir. 144:489 (1927)
Arch. klin. Chir. 120:744 (1922)

29. Oberdalhoff, H.: Chirurg 17/18:123 (1947)

30. Ollier, L.: Traité expérimental et clinique de la régénération des os et de la production artificielle du tissu osseux.
Masson et Fils, Paris 1867

31. Orell, S.: Zbl. Chir. 30:1398 (1941)
Dtsch. Zschr. Chir. 232:45 (1931)

32. Peer, L. A.: Transplantation of Tissues I 1955

33. Phemister, D. B.: Surg. Gyn. Obstetr. 19:303 (1914)
Ann. Surg. 202:161 (1935)

34. Rhode, C.: Arch. klin. Chir. 128:302 (1924)
129:435

35. Roth, H.: Die Konservierung v. Knochengewebe für Transplantationen
Springer Verlag Wien 1952

36. Saltykow, S.: Arch. Entw. mech. Organ 19:23 (1900)
Ziegler's Beiträge 45:54 (1910)

37. Schwier, S.: Arch. klin. Chir. 264:109 (1959)
Chirurg 31:220 (1960)

38. Streissler, E.: Beitr. klin. Chir. Tübingen 71:84 (1911)

39. Sultan, G.: Verl. Dtsch. Ges. Chir. I, 46:57 (1902)

40. Wereschinski, A.: Arch. path. Anat. 251:268 (1924)
Arch. klin. Chir. 136:548 (1925)

Lebenslauf

Ich wurde am 15. Mai 1936, als Sohn des damaligen Hauptmanns Hans Dietrich und seiner Ehefrau Eva Dietrich, geborene Reif, in Stuttgart geboren. Dort besuchte ich die Volksschule bis 1942 und anschließend die Zeppelinoberschule. Später verzog ich nach München, wo ich 1954 im Neuen Realgymnasium das Abitur ablegte.

Das Studium der Zahnmedizin begann ich im Wintersemester 1954/55 in Tübingen. Ich legte dort 1957 die Zahnärztliche Vorprüfung ab, nachdem ich 2 Semester von der Universität beurlaubt war. Den klinischen Teil meines Studiums absolvierte ich an der Universität Hamburg, wo ich im Sommersemester 1960 die Zahnärztliche Prüfung bestand. Die Approbation als Zahnarzt erhielt ich am 27. Mai 1960.

Seit dem 1. Juli 1960 bin ich als wissenschaftlicher Assistent an der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten (Nordwestdeutsche Kieferklinik) tätig.